

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
ODESSA NATIONAL MARITIME UNIVERSITY

---

**НАВІГАЦІЯ ТА КЕРУВАННЯ СУДНОМ:  
НОВІ ПІДХОДИ, НАВЧАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ**

**NAVIGATION AND SHIP HANDLING:  
NEW APPROACHES, TRAINING AND SIMULATION**

Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції

**23-24 вересня 2024**

**Одеса, Україна**

Одеса – 2024

Рекомендовано до друку Вченою радою Одеського національного морського університету, протокол №3 від 30.10.24.

Навігація та керування судном: нові підходи, навчання та моделювання: зб. матеріалів I Міжн. науково-практ. конф. – Одеса: ОНМУ, 2024. 109 с.

Збірник містить матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Навігація та керування судном: нові підходи, навчання та моделювання».

Наведені матеріали охоплюють широке коло питань та відображують результати науково-дослідної роботи співробітників наступних організацій:

- Міністерство освіти і науки України;
- Одеський національний морський університет;
- Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова;
- Національний авіаційний університет;
- Херсонська державна морська академія;
- Київський інститут водного транспорту ім. Гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного ДУІТ;
- Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України;
- Державна служба морського і внутрішнього водного транспорту та судноплавства України;
- Асоціація морських капітанів Одеси (АМКО);
- Морський інститут Великобританії (NI);
- Компанія KILO Transformational Maritime Training, Великобританія;
- Компанія Morild Interaktiv AS (Норвегія);
- Компанія VSTER BV Роттердам (НІДЕРЛАНДИ);
- Університет Дубровника (Хорватія);
- Морський Університет в Гдині (Польща).

Робочими мовами конференції є українська та англійська. Оргкомітет Міжнародного круглого столу висловлює подяку всім учасникам конференції та сподівається на подальшу плідну співпрацю.

УДК 656.61

## ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний морський університет  
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова  
Національний авіаційний університет  
Херсонська державна морська академія  
Київський інститут водного транспорту  
ім. Гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного ДУІТ  
Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України  
Державна служба морського і внутрішнього водного  
транспорту та судноплавства України  
Асоціація морських капітанів Одеси (АМКО)  
Морський інститут Великобританії (NI)  
Компанія KILO Transformational Maritime Training, Великобританія  
Компанія Morild Interaktiv AS (Норвегія)  
Компанія VSTER BV Роттердам (НІДЕРЛАНДИ)  
Університет Дубровника (Хорватія)  
Морський Університет в Гдині (Польща)

## Організаційний комітет конференції

**Руденко С. В.**, д.т.н., професор – ректор ОНМУ, голова оргкомітету;  
**Шумило О. М.**, к.т.н., професор ОНМУ – проректор з НПР ОНМУ, заст. голови;  
**Савельєва І. В.**, д.е.н., професор – проректор з НР ОНМУ, заст. голови;  
**Калініченко Є. В.**, к.т.н., доцент – зав. кафедри «Навігація і керування судном» ОНМУ, КДП, заст. голови;  
**Терновський В. Б.**, д.ф.-м.н., професор – проф. кафедри «Навігація і керування судном» ОНМУ, заст. голови;  
**Хращевський Р. В.**, д.т.н., професор – проректор з АПР Національного авіаційного університету;  
**Бень А. П.**, к.т.н., професор – проректор з НПР Херсонської державної морської академії;  
**Блінцов В. С.**, д.т.н., професор – директор Науково-дослідного інституту підводної техніки Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, заслужений діяч науки і техніки України;

**Товстокорий О. М.,** к.т.н. – завідувач кафедри «Управління судном» Херсонської державної морської академії, КДП;

**Зінченко С. М.,** д.т.н., доцент – професор кафедри «Управління судном», Херсонської державної морської академії;

**David Potraiko** – capt., FNI, Master Mariner, Director of Projects, CEO of London Nautical Institute;

**Компанієць В. Г.** – начальник служби безпеки судноплавства «United Barge company», віце-президент АМКО, КПД;

**Торський В. Г.,** к.т.н., професор НУ ОМА – почесний секретар МІУ, FNI;

**Науменко А. В.** – директор ТОВ «Інтегрований Транспортний Менеджмент груп України», віце-президент АМКО, почесний працівник морського та річкового транспорту України, КДП;

**Тимошук О. М.,** д.т.н., професор – в.о. директора Київського інституту водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного Державного університету інфраструктури і технологій;

**Левченко О. В.,** PhD, к.е.н, доцент – доцент кафедри природничо-технічного забезпечення діяльності водного транспорту Київського інституту водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного Державного університету інфраструктури і технологій;

**Александровська Н. І.,** к.т.н., доцент – зав. кафедри «Суднобудування і судноремонту ім. проф. Ю.Л. Воробйова» ОНМУ;

**Засць А. Ю.,** к.т.н., доцент – доцент кафедри «Суднобудування і судноремонту ім. проф. Ю.Л. Воробйова» ОНМУ;

**Головань А. І.,** к.т.н., доцент – доцент кафедри «Судноводіння і морська безпека» ОНМУ;

**Гончарук І. П.,** к.т.н., доцент – доцент кафедри «Судноводіння і морська безпека» ОНМУ;

**Васалатій Н. В.,** к.г.н., доцент – доцент кафедри «Навігація і керування судном» ОНМУ;

**Россомаха О. І.,** к.т.н., доцент – доцент кафедри «Навігація і керування судном» ОНМУ;

**Бичковський Ю. В.,** PhD, – доцент кафедри «Навігація і керування судном» ОНМУ, КДП;

**Сагайдак О. І.** – ст.викладач кафедри «Навігація і керування судном» ОНМУ, FNI, КДП;

**Саф'ян О. С.** – ст.викладач кафедри «Навігація судном» ОНМУ, КДП;

**Томчаковський Г. Г.** – ст.викладач кафедри «Навігація і керування судном» ОНМУ, КДП;

**Оберто Сантана Л. Е.** – технічний секретар конференції, асистент кафедри «Навігація і керування судном».

## CONFERENCE ORGANIZERS

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Odessa National Maritime University  
Admiral Makarov National University of Shipbuilding  
National Aviation University  
Kherson State Maritime Academy  
Kyiv Institute of Water Transport Named after Hetman Petro Konashevich-Sagaydachny suit  
Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine  
State Service for Maritime, Inland Waterway Transport and Shipping of Ukraine  
Association of Sea Captains of Odesa (ASCO)  
UK Nautical Institute (NI)  
Company KILO Transformational Maritime Training, Great Britain  
Company Morild Interaktiv AS (Norway)  
Company VSTEP BV Rotterdam (the Netherlands)  
University of Dubrovnik (Croatia)  
Gdynia Maritime University (Poland)

## ORGANIZING COMMITTEE

**Rudenko S. V.**, doctor of science, professor – rector of ONMU, head of the organizing committee;

**Shumylo O. M.**, Ph.D., professor of ONMU – vice-rector of SPW of ONMU, deputy head;

**Savelieva I. V.**, Doctor of Economics, professor – vice-rector of SW of the ONMU, deputy head;

**Kalinichenko Ye. V.**, Ph.D., Associate Professor – Head of the "Navigation and Ship Control" Department of ONMU, deep sea captain, deputy head;

**Ternovsky V. B.**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor – Professor of the "Navigation and Ship Control" Department of ONMU, deputy head;

**Khrashevskiy R. V.**, doctor of technical science, professor – vice-rector of ATD of the National Aviation University;

**Ben A. P.**, Ph.D., professor – vice-rector of SPW of the Kherson State Maritime Academy;

**Blintsov V. S.**, Ph.D., professor – director of the Scientific Research Institute of Underwater Engineering of the Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine;

**Tovstokoryi O. M.**, Ph.D. – head of the "Ship Control" Department of the Kherson

State Maritime Academy, deep sea captain;

**Zinchenko S. M.**, Doctor of Technical Science, associate professor – professor of the Department of "Ship Management", Kherson State Maritime Academy;

**David Potraiko** – capt., FNI, Master Mariner, Director of Projects, CEO of London Nautical Institute;

**Companiyets V. G.** – head of the shipping safety service "United Barge company", Vice President ASKO, deep sea captain;

**Torskyi V. G.**, Ph.D., professor at the National University "OMA" – honorary secretary of the MIU, FNI;

**Naumenko A. V.** – Director of LLC "Integrated Transport Management Group of Ukraine", Vice-President of ASKO, Honorary Worker of Maritime and River Transport of Ukraine, deep sea captain;

**Timoshchuk O. M.**, Doctor of Technical Sciences, professor – acting director of the Kyiv Institute of Water Transport named after Hetman Petro Konashevich-Sagaidachny State University of Infrastructure and Technologies;

**Levchenko O. V.**, PhD, Doctor of Economics, Associate Professor – Associate Professor of the Department of Natural and Technical Support of Water Transport at the Kyiv Institute of Water Transport named after Hetman Petro Konashevich-Sagaidachny State University of Infrastructure and Technologies;

**Aleksandrovska N. I.**, Ph.D., associate professor – head of the "Shipbuilding and ship repair named after Prof. Yu.L. Vorobyov" Department of the ONMU;

**Zaiets A. Yu.**, Ph.D., associate professor – associate professor of the "Shipbuilding and ship repair named after Prof. Yu.L. Vorobyov" Department of the ONMU;

**Golovan A. I.**, Ph.D., associate professor – associate professor of the "Navigation and Maritime Safety" Department of the ONMU;

**Honcharuk I. P.**, Ph.D., associate professor – associate professor of the "Navigation and Maritime Safety" Department of the ONMU;

**Vasalatiy N. V.**, Ph.D., associate professor – associate professor of the "Navigation and ship control" Department of the ONMU;

**Rossomakha O. I.**, Ph.D., associate professor – associate professor of the "Navigation and ship control" department of the ONMU;

**Bychkovsky Yu. V.**, PhD – associate professor of the "Navigation and ship control" department of the ONMU, deep sea captain;

**Sahaydak O. I.** – senior lecturer of the "Navigation and ship control" Department of the ONMU, FNI, deep sea captain;

**Saf'yan O. S.** – senior lecturer of the "Navigation and ship control" Department of the ONMU, FNI, deep sea captain;

**Tomchakovsky G. G.** – senior lecturer of the "Navigation and ship control" Department of the ONMU, FNI, deep sea captain;

**Oberto Santana L. E.** – technical secretary of the conference, assistant of the "Navigation and ship control" Department.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| А. Бенъ                                                                                                                        |    |
| ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СУДНОПЛАВСТВІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ..... | 10 |
| Н. Васалатій                                                                                                                   |    |
| КОРЕГУВАННЯ НАВІГАЦІЙНИХ МАРШРУТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ SPOS, WNI, BON VOYAGE .....               | 14 |
| О. Саф'ян                                                                                                                      |    |
| АЛЬТЕРНАТИВНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ GPS-НАВІГАЦІЇ ПРИ ПЛАВАННІ ОКЕАНСЬКИМИ МАРШРУТАМИ .....                                          | 17 |
| Н. Hrudinina, A. Burunin                                                                                                       |    |
| OPTIMIZATION OF THE AUTOPILOT SYSTEM SETTINGS FOR AN UNMANNED SURFACE VESSEL USING MATHEMATICAL MODELING METHODS.....          | 22 |
| С. Зінченко, О. Товстокорий, В. Матейчук                                                                                       |    |
| КЕРУВАННЯ ОБЕРТАННЯМ СУДНА НАВКОЛО ПОЛЮСУ ПОВОРОТУ .....                                                                       | 25 |
| П. Носов, В. Пономарьова, А. Бенъ, П. Маменко                                                                                  |    |
| РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ СУДЕН .....                                          | 30 |
| V. Mateichuk, S. Zinchenko, O. Tovstokoryi, P. Mamenko, K. Kyrychenko                                                          |    |
| APPLICATION OF THE PHASE POINT MOVEMENT METHOD IN THE PROBLEM OF VESSEL STORMY SAILING .....                                   | 35 |
| Л. Оберто Сантана, А. Заєць                                                                                                    |    |
| НАСАДКА БЕККЕРА-МЬЮІСА.....                                                                                                    | 38 |
| А. Соколов                                                                                                                     |    |
| ОПТИМІЗАЦІЯ ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ВАНТАЖНОГО ПЛАНУ КОНТЕЙНЕРОВОЗУ .....                                        | 42 |
| В. Терновський                                                                                                                 |    |
| СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ШВАРТУВАННЯ СУДЕН.....                                                           | 44 |
| Г. Томчаковський                                                                                                               |    |
| ЕФЕКТИ ВЗАЄМОДІЇ В ECDIS СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ РУХУ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ НА МІЛКОВОДІ .....                                        | 49 |
| А. Головань, І. Гончарук                                                                                                       |    |
| АЛГОРИТМИ ОПТИМІЗАЦІЇ МАНЕВРУВАННЯ СУДЕН ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОЇ ВИДИМОСТІ .....               | 54 |
| Н. Долинська, С. Калініченко                                                                                                   |    |
| ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХАХ .....                               | 57 |

|                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Т. Калініченко, О. Тимошук                                                                                                                            |     |
| АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ СУДНОВОДІННЯ ШЛЯХОМ<br>ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕННЯ СУДЕН .....                                                        | 59  |
| О. Россомаха, Л. Пізінцалі, О. Россомаха                                                                                                              |     |
| АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ У СУДНОПЛАВСТВІ...                                                                                    | 61  |
| О. Sagaydak                                                                                                                                           |     |
| COMPARING TWO METHODS OF THE RISK CALCULATION OF THE OPERATION OF<br>SHIP'S MOORING .....                                                             | 66  |
| Г. Калініченко                                                                                                                                        |     |
| ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ СИСТЕМ.....                                                                                                                | 71  |
| О. Колеснік                                                                                                                                           |     |
| ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ<br>МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ .....                                                           | 74  |
| Л. Кошарська, О. Васильченко, М. Войнович                                                                                                             |     |
| СУЧАСНИЙ СТАН МОРСЬКОЇ ОСВІТИ. МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД.....                                                                                                | 78  |
| Ю. Никифоров, Л. Кошарська                                                                                                                            |     |
| ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У СУЧАСНІЙ СИСТЕМІ ВИЩОЇ ОСВІТИ.....                                                                                               | 80  |
| О. Товстокорий                                                                                                                                        |     |
| ВИКОРИСТАННЯ СИМУЛЯЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРІВ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ<br>ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ СУДНОВОДІВ.<br>НОВИЙ ПОГЛЯД ..... | 84  |
| О. Демідюк, М. Косой, А. Заєць, М. Войнович                                                                                                           |     |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ХОДОВИХ ЯКОСТЕЙ ШВИДКІСНИХ СУДЕН В ДОСЛІДНОМУ<br>БАСЕЙНІ ОНМУ .....                                                                       | 88  |
| А. Заєць                                                                                                                                              |     |
| ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОНВЕНЦІЙНИХ ВІТРИЛЬНИХ СИСТЕМ У<br>СУЧАСНІЙ ІНДУСТРІЇ СУДНОПЛАВСТВА: ПРИКЛАД СУДНА «ANEMOS .....                            | 93  |
| В. Блінцов, В. Надточій, А. Надточій                                                                                                                  |     |
| МОРСЬКА РОБОТОТЕХНІКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ<br>АКВАТОРІЙ УКРАЇНИ .....                                                             | 96  |
| А. Головань, І. Гончарук                                                                                                                              |     |
| ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ СУДНОВИХ РОТОРНИХ НАСОСІВ В ПРОЦЕСІ<br>ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....                                                                 | 101 |
| О. Шуило                                                                                                                                              |     |
| ІНТЕГРАЛЬНА МОДЕЛЬ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗМІРНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ<br>ПАСАЖИРСЬКОГО СУДНА.....                                                                   | 104 |

## Вітальне слово

Шановні учасники та присутні першої Міжнародної науково-практичної конференції "Навігація та керування судном: нові підходи, навчання та моделювання",

Від імені Адміністрації Судноплавства України маю за честь привітати вас на цьому інформативному заході, що поєднує талант, досвід та інновації у галузі навігації та керування судном.

Незважаючи на складні часи, постійні обстріли, відключення електроенергії та повномасштабну агресію зі сторони Російської Федерації, ми маємо унікальну можливість провести цю конференцію завдяки мужності та самовідданості наших захисників і захисниць. Слава Україні!

Ця конференція створена для обміну знаннями, співпраці та спільного вивчення новітніх технологій та методів у галузі навігації та керування судном.

Ваші дослідження, доповіді та обмін ідеями є важливим кроком у напрямку створення більш безпечного, ефективного та стійкого судноплавства.

Сподіваюся, що ця конференція стане традиційним початком чогось більшого і що ми зможемо регулярно збиратися знову в майбутньому, щоб обмінюватися своїми досягненнями, співпрацювати та розвивати морську галузь разом.

Бажаю всім конструктивних дискусій, корисних зустрічей та натхнення для подальших досягнень. Дякую за вашу участь та за прагнення розвиватися самим та розвивати морську галузь. Нехай кожен з вас в результаті отримає не лише нові знання, а й мотивацію для майбутніх звершень.

Дякую за увагу.

**Палієнко В.В.**

голова ДКК моряків Державної служби  
морського і внутрішнього водного транспорту  
та судноплавства України, КДП

# КЕРУВАННЯ СУДНОМ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ

## OPTIMIZATION OF THE AUTOPILOT SYSTEM SETTINGS FOR AN UNMANNED SURFACE VESSEL USING MATHEMATICAL MODELING METHODS

*Hanna Hrudinina, Andrii Burunin*

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding,  
(Ukraine)*

**Introduction.** The development of intelligent control systems for robotic devices, including surface vessels (high-speed boats), has contributed to the increase in the number of unmanned, autonomously controlled vehicles. In the case of small, high-speed vessels, significant advancements have been made in orientation, navigation, and motion control systems. Modern automatic control systems (ACS) typically consist of multiple controllers, varying in structure and functional purpose [1]. To optimize the performance of the developed ACS, the use of mathematical modeling with various external impact scenarios is highly relevant.

**Topicality.** A currently unresolved and highly relevant issue is the optimization of the autopilot system for unmanned vessels under uncertain wind and wave impact conditions. The objective of this work is to improve the method for evaluating the performance of the automatic control system for unmanned high-speed vessels under external environmental conditions.

The results of the study highlight the relevance of solving the task of tuning controller parameters under conditions of uncertainty regarding external influences. The proposed approach will allow optimizing the operation of controllers in terms of the number of helm adjustments and control accuracy by dividing their operation into modes depending on external conditions. A multi-level automatic control system, depending on external conditions, will select the appropriate operating mode of the controller, which will help optimize overall energy consumption.

**Problem statement.** Evaluate the performance of the autopilot system in maintaining a set course for a small high-speed vessel under external environmental conditions.

**Research results.** To achieve this, the steering control will sequentially employ a PID controller (Fig. 1), a PD controller, and a fuzzy logic controller. The vessel's dynamics under external conditions will be simulated using the Cotmacs-AP-Lab software suite [2]. To process the simulation results, a custom application for qualitative controller performance evaluation will be developed in the Matlab programming environment.

The simulation utilized a model of a small high-speed vessel ("High Speed Boat 1") with the parameters:

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| Type                         | High-speed small vessel |
| Displacement, tons           | 14.5                    |
| Engine power, kW             | 2x800                   |
| Speed (service speed), knots | 37                      |
| Length, m                    | 15                      |
| Breadth, m                   | 3.7                     |
| Draft forward, m             | 0.45                    |
| Draft aft, m                 | 0.7                     |
| Two waterjet                 | +                       |

The following initial conditions were selected as external disturbances: wind speed – 2 m/s; wind direction –  $0^\circ$ ; wave height – 1 m; wave direction –  $45^\circ$ .

The vessel's motion was simulated with heading acquisition and course-keeping: vessel speed – 17 knots (10 m/s); course –  $10^\circ$ . For dynamic positioning during the simulation, models of navigation sensors: log, angular velocity sensor, and feedback. The PID controller settings:  $K_i = 10^{-3}$ ,  $K_{d\varphi} = 2$ ,  $K_\omega = 2$ .

Upon completion of the simulation, the program generates a database in the form of vector dependencies of selected motion parameters, such as: speed, course, angular velocity, actual rudder deflection, and desired rudder deflection (control signal from the regulator). This format of result representation is highly convenient for further analysis of the autopilot tuning quality.

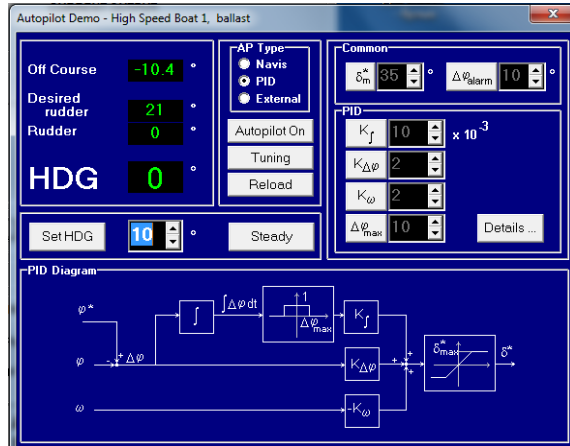


Figure 1 – Parameters and block diagram of the PID controller

An application developed in Matlab processes the obtained data and provides a quantitative assessment of the autopilot tuning, specifically: the duration of the transient process in seconds, the number of rudder adjustments before reaching the set course, the number of rudder adjustments per minute while maintaining the set course, the expected value of the course, and the variance. This information is presented to the developer as a text report and graphs and can be stored for future comparison.

Simulation of the motion of the small high-speed vessel "High Speed Boat 1" using the following steering control regulators (Fig. 2): PID controller with settings:  $K_i = 10^{-3}$ ,  $K_{d\varphi} = 2$ ,  $K_\omega = 2$ ; PD controller with settings:  $K_i = 0$ ,  $K_{d\varphi} = 2$ ,  $K_\omega = 2$ ; and a fuzzy logic controller.

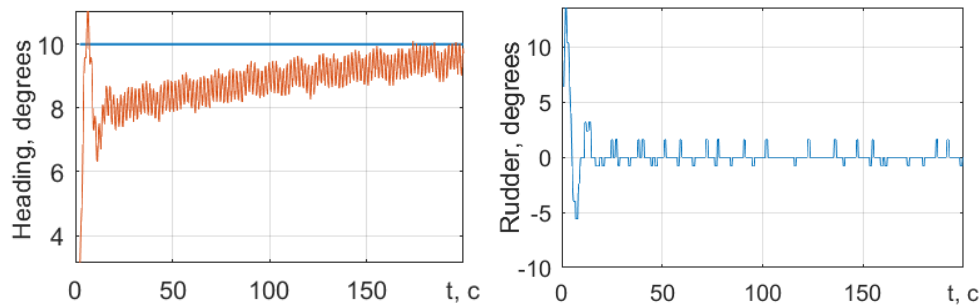


Figure 2 – Course and rudder deflection of the PID controller for "High Speed Boat 1"

The quantitative assessment of the performance of the controllers for the vessel "High Speed Boat 1" is presented in Table 1.

Table 1 – Quality indicators of controller performance

| Controller type     | Transient process time, s. | Number of rudder adjustments in transient process, units | Adjustments during course keeping, units (per 1 min.) | Expected value, degrees (course) | Variance, degrees (course) |
|---------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| «High speed boat 1» |                            |                                                          |                                                       |                                  |                            |
| PID                 | 35                         | 27                                                       | 18                                                    | 8.809                            | 0.231                      |
| PD                  | 30                         | 33                                                       | 25                                                    | 7.45                             | 0.140                      |
| Fuzzy               | 30                         | 90                                                       | 191                                                   | 10.2                             | 0.199                      |

The analysis of the simulation results showed that, under the given external conditions, the applied controllers require further fine-tuning. To reduce the transient process time and improve control accuracy, we will increase the integral and proportional gains of the PID controller [3]. Additionally, we will adjust the control rules of the fuzzy logic controller [4]. The adjusted PID controller settings:  $K_i = 0.08$ ,  $K_{d\varphi} = 2$ ,  $K_{\omega} = 20$ . The results of the simulation for the controller adjusted to external conditions are presented in Figure 3.

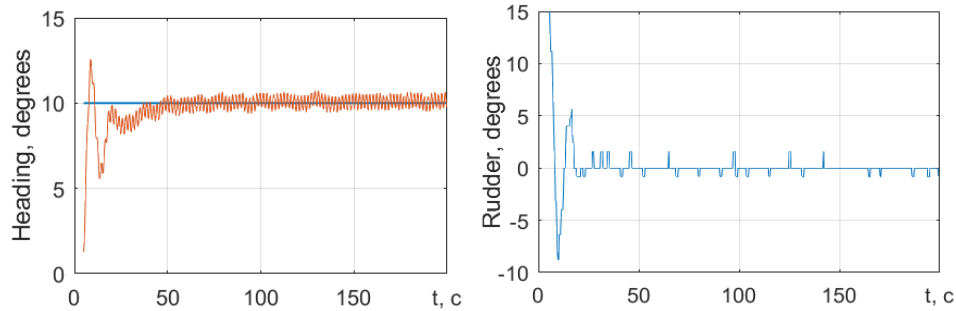


Figure 3 – Course and rudder deflection of the adjusted PID controller for "High Speed Boat 1"

Quality indicators are detailed in Table 2.

Table 2 – Quality indicators of adjusted controller performance

| Controller type     | Transient process time, s. | Number of rudder adjustments in transient process, units | Adjustments during course keeping, units (per 1 min.) | Expected value, degrees (course) | Variance, degrees (course) |
|---------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| «High speed boat 1» |                            |                                                          |                                                       |                                  |                            |
| PID                 | 30                         | 29                                                       | 16                                                    | 9.79                             | 0.217                      |
| PD                  | 40                         | 94                                                       | 48                                                    | 8.6                              | 0.165                      |
| Fuzzy               | 20                         | 8                                                        | 84                                                    | 9.72                             | 0.125                      |

From Table 2, it is evident that the tuning quality of the PID controller has improved by 11% in terms of the number of rudder adjustments for course keeping, and by 21% in terms of control accuracy. Thus, we can determine the optimal controller tuning parameters for various external influence conditions. This approach will allow the optimization of controller operation based on the number of rudder adjustments and control accuracy by dividing their operation into modes depending on external influences. A multi-level automatic control system, depending on external conditions, will select the necessary operating mode of the controller, which will help optimize energy consumption overall.

**Conclusions.** The results of the developed application using Matlab programming tools are presented, which processes data from the autopilot and provides a quantitative evaluation of its settings. A method for optimizing the operation of an automatic control system for an unmanned vessel, consisting of several controllers, is proposed by applying personalized controller settings according to the selected operating mode.

## REFERENCES

1. Fruzzetti, C., Donnarumma, S., & Martelli, M. (2023). *Smart Pilot Controller for Marine Vessels: Formal Design, Modeling and Simulations* (SSRN Scholarly Paper 4634809). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4634809>
2. Фан, В. (2003). *Совершенствование системы управления движением маломерного судна при стабилизации на траектории*. УДМУ.

3. Попович, М. Г., Ковальчук, О. В. (2007). *Теорія автоматичного керування*. Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. К.: Либідь, 2007, 656 с.

4. Дакі, О. А., Іваненко, В. М., Федунів, В. М., & Чебан, В. І. (2021). Побудова нечіткого регулятора стабілізації судна на траєкторії. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, 3(69), 126–133. <https://doi.org/10.30748/zhups.2021.69.16>

## КЕРУВАННЯ ОБЕРТАННЯМ СУДНА НАВКОЛО ПОЛЮСУ ПОВОРОТУ

*Сергій Зінченко, Олег Товстокорий, Вадим Матейчук*

*Херсонська державна морська академія,  
(Україна)*

**Вступ.** За останні 20 років кількість та габарити суден суттєво зросли, у той час як розміри портів зросли значно менше. Ці обставини потребують оптимізації процесів керування, з метою зменшення простору для маневрування [1-2]. Одним із шляхів оптимізації є використання концепції полюсу повороту [3] – альтернативного бачення процесу повороту судна. Просте відхилення стерна призводить до появи одночасно обертального руху навколо центру обертання і бокового руху судна. Для судноводія ці два рухи виглядають як одне чисте обертання навколо уявної точки, яка не завжди співпадає з центром обертання і називається полюсом повороту. Використання полюсу повороту для зменшення області маневрування раніше досліджувалося багатьма авторами. В основному, ці дослідження зводилися до визначення положення полюсу повороту та надання рекомендацій судноводіям щодо врахування цього положення при ручному маневруванні. Недоліком таких підходів є те, що вони не передбачають розрахунок керувань, необхідних для реалізації обертання судна навколо заданого положення полюсу повороту. Керування формуються судноводієм вручну на основі наданих рекомендацій. У попередніх роботах авторів, наприклад, [10-12], розроблені методи автоматизації процесів обертання судна навколо полюсу повороту. Також розглянуті питання автоматизації допоміжних процесів: розходження суден [4], оптимального швартування [5], ідентифікації параметрів [6-7], тестування автоматичних модулів [8], скорочення часу інтегрування математичної моделі в бортовому обчислювачі [9] та інші.

**Актуальність досліджень.** У даній роботі розглянуті питання автоматичного формування керувань для реалізації обертання судна навколо заданого положення полюсу повороту. Розраховані керування можуть надаватися судноводієві у вигляді підказки, або використовуватися безпосередньо системою керування, що дозволить зменшити вплив людського чинника на процеси керування, зменшити затримки на формування керувань, зменшити область маневрування та в цілому підвищити безпеку судноплавства. Тому, розробка таких методів є актуальною науково – технічною задачею.

**Постановка задачі.** Для схеми судна, наведеної на рис.1, розробити метод формування керувань обертанням навколо заданого положення полюсу повороту без поздовжньої швидкості та дослідити їх.

На схемі зображено: центр обертання  $RC$ , полюс повороту  $P.P.$ , кормовий підрулюючий пристрій  $BT_1$ , носовий підрулюючий пристрій  $BT_2$ , відхилення телеграфу  $\delta_1$  кормового підрулюючого пристрою, відхилення телеграфу  $\delta_2$  носового підрулюючого пристрою, бокова сила  $F_y(\delta_1)$  кормового підрулюючого пристрою, бокова сила  $F_y(\delta_2)$  носового підрулюючого пристрою, довжина судна  $L$ , відстань  $R$  від полюсу повороту до центру обертання, плече  $l_1$  сили  $F_y(\delta_1)$  до центру обертання, плече  $l_2$  сили  $F_y(\delta_2)$  до центру обертання.

Наукове видання

**НАВІГАЦІЯ ТА КЕРУВАННЯ СУДНОМ:  
НОВІ ПІДХОДИ, НАВЧАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ**

Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції

Відповідальний за випуск Є. В. Калініченко  
Технічний редактор, комп'ютерна верстка А. О. Ролінський  
Дизайн обкладинки взято з інтернет простору

Формат 60x84/16. Умовн. др. арк. 6,51  
Кафедра «Навігація і керування судном»  
Навчально-наукового інституту морського флоту  
Одеського національного морського університету  
Вул. Мечникова, 34, м. Одеса, 65029, тел. + 38 (063) 812 36 15,  
E-mail: ncs.department21 @gmail.com.  
Сайт: [https:// sites.google.com/view/nnimf-kntks](https://sites.google.com/view/nnimf-kntks)